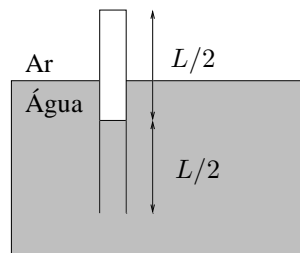


- Um balão cheio de hidrogênio tem um volume de 10^4 m^3 na temperatura de 27°C e na pressão de 1 atm. Qual era o volume do gás quando estava confinado em um cilindro de aço à temperatura de 17°C e pressão de $1.5 \times 10^2 \text{ atm}$?
- Mostre que os calores específicos molares dos gases perfeitos podem ser expressos em função de γ e R , obtendo-se $C_p = \gamma R/(\gamma - 1)$ e $C_v = R/(\gamma - 1)$.
- O volume de uma molécula-grama de um gás perfeito aumenta isotermicamente de 1 a 20 litros a 0°C . Qual o valor do trabalho executado?
- Considere que a relação entre pressão e volume de um certo gás é dada por $(p + a/V^2)(V - b) = K$, onde a , b e K são constantes. Calcule o trabalho executado quando o gás se expande de V_1 a V_2 .
- Num dado processo fornecemos 500 cal de calor a um sistema e ao mesmo tempo realizamos um trabalho de 120 J sobre o mesmo. Qual a variação em sua energia interna?
- a) Qual a massa de O_2 contida num tanque cujo volume é de 56.6 l quando a pressão manométrica é 136 atm e a temperatura 27°C (considere como um gás perfeito)? b) Qual o volume ocupado por este gás se ele se expande até que a pressão manométrica seja nula e a temperatura final seja de 50°C ? OBS: pressão manométrica é a diferença entre a pressão absoluta e a pressão atmosférica.
- Um mol de gás mono-atômico ideal sofre uma transformação adiabática desde $V = 1 \text{ m}^3$ até $V = \infty$. A temperatura inicial é de 300 K. (a) Qual a temperatura final? (b) Quanto trabalho realiza? (c) Considere agora que o mesmo gás se dilata isotermicamente desde $V = 1 \text{ m}^3$ até $V = \infty$. Quanto trabalho o gás realiza? De onde provém esta energia?
- A razão de compressão de um motor Diesel é $V_1/V_2 \equiv 15$. Se o cilindro contém ar a 1.5 kgf/cm^2 (pressão absoluta) e 15°C no início da compressão, calcular a temperatura e a pressão ao fim do período. Admitir que o ar se comporta como um gás perfeito e que a compressão é adiabática. Para o ar, $\gamma = 1.4$. OBS: $1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ N}$.
- Eleva-se a temperatura de 3 kg de criptônio (Kr, gás mono-atômico) de -20°C a 80°C . (a) Determine a quantidade de calor necessária, o aumento de energia interna e o trabalho produzido pelo gás, supondo que o processo se realiza à pressão constante. (b) Determine a quantidade de calor necessária para realizar esse processo a volume constante.
- Dois bulbos com mesmo volume unidos por um tubo estreito de volume desprezível contêm hidrogênio a 0°C e à pressão de 1 atm. Qual é a pressão do gás quando um dos bulbos está imerso em vapor a 100°C e o outro em O_2 líquido a -190°C ? O volume de cada bulbo é de 10^{-3} m^3 e a densidade do H_2 é 0.09 kg.m^{-3} a 0°C e 1 atm. Quanta massa de hidrogênio passa através do tubo conector?
- Um garoto enche o pneu de sua bicicleta num dia em que a temperatura é 300 K. Encontre a máxima temperatura do ar na bomba de bicicleta se a pressão no pneu é de 1.67 atm e o ar na bomba é considerado comprimido adiabaticamente. Para o ar, $\gamma = 1.4$.
- O calor específico molar a volume constante de um gás é dado por $C_v = a + bT$. Calcule a variação da energia interna de dois mols deste gás quando sua temperatura passa de 300 K

para 400 K, num processo isocórico. Dados: $a = 2 \text{ cal/mol.K}$ e $b = 0.01 \text{ cal/mol.K}^2$.

13. O ar que ocupa 0.14 m^3 sob pressão manométrica de $1.03 \times 10^5 \text{ Pa}$ é expandido isotermicamente até a pressão atmosférica, sendo, então, resfriado isobaricamente até atingir seu volume inicial. Calcule o trabalho realizado pelo gás.

14. Um tubo com uma extremidade fechada e outra aberta, de comprimento $L = 25 \text{ m}$ e contendo ar sob pressão atmosférica, é introduzido verticalmente num lago de água fresca até que o nível da mesma atinja a metade do tubo (figura abaixo). Qual a profundidade h da extremidade inferior do tubo? Suponha que a temperatura seja a mesma em todo o sistema, e constante.



15. A que temperatura a energia cinética média de uma molécula diatômica é igual a 1 eV?

16. Na forma de calor, 5 cal são adicionadas a um gás ideal. Como resultado, seu volume varia de 50 para 100 cm^3 , ao passo que sua pressão permanece constante e igual a 1 atm. (a) De quanto varia sua energia interna? (b) Encontre a capacidade calorífica molar a volume constante; e (c) encontre também a capacidade calorífica molar a pressão constante.

17. Um litro de gás com $\gamma = 1.3$ está sob pressão de 1 atm e a uma temperatura de 232 K. Ele é repentinamente comprimido (ou seja, adiabaticamente) até a metade de seu volume original. (a) Encontre sua pressão e sua temperatura finais. (b) O gás é agora resfriado até 0°C sob pressão constante. Qual o seu volume final?

18. Um gás ideal, inicialmente sob pressão P_0 , sofre uma expansão-livre até que seu volume final seja o triplo do inicial. (a) Qual a pressão do gás após a expansão-livre? (b) O gás é então adiabaticamente comprimido até voltar ao volume inicial e a pressão torna-se $3^{1/3}P_0$. Determine se o gás é monoatômico, diatômico ou poliatômico. (c) Como a energia cinética média por molécula, neste estado final, se compara à do estado inicial?

19. Num gás de Van der Waals, o ponto crítico é localizado em $V_c = 3b$, $T_c = 8a/27Rb$ e $P_c = a/27b^2$. Mostre que a equação de estado, quando escrita em termos das variáveis $P' = P/P_c$, $T' = T/T_c$ e $V' = V/V_c$, é independente da substância:

$$\left(P' + \frac{3}{V'^2}\right)(3V' - 1) = 8T'$$

20. Uma máquina, com eficiência de 20%, efetua 100 J de trabalho em cada ciclo. Qual a quantidade de calor absorvida e rejeitada em cada ciclo?

21. Um refrigerador absorve 5 kJ de um reservatório frio e rejeita 8 kJ. (a) Calcule o rendimento deste refrigerador. (b) O refrigerador é reversível e pode operar como máquina térmica ($Q_q = 8 \text{ kJ}$ e $Q_f = 5 \text{ kJ}$). Qual a sua eficiência?

22. Uma máquina reversível funciona entre uma fonte quente (a 600K) e uma fonte fria à T_0 . Qual o máximo valor que T_0 pode assumir para que a quantidade de energia térmica devolvida pela máquina à fonte fria não ultrapasse o valor da energia mecânica produzida?

23. Qual o aumento de entropia que ocorrerá quando uma massa de 100g de mercúrio se funde a -39°C sob pressão atmosférica? ($L_F = 11.3\text{J/g}$)

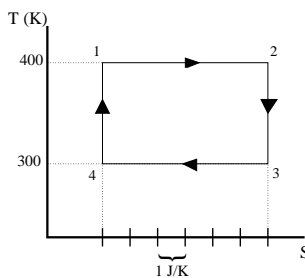
24. Uma máquina térmica recebe vapor de água aquecido a 270°C e descarrega vapor condensado a 50°C . A eficiência é 30% e 200kW é a potência útil da máquina. Qual a quantidade de calor que a máquina descarrega na sua vizinhança em 1 hora?

25. Um mol de um gás ideal diatômico efetua um ciclo de Carnot. As temperaturas e pressões, altas e baixas, são respectivamente 400K e 300K , 4atm e 1atm . *a)* Quais são os valores do volume quando $T = 400\text{K}$ e $P = 4\text{atm}$ e quando $T = 300\text{K}$ e $p = 1\text{atm}$? *b)* Quais os valores de PV e PV^γ sobre as curvas isotérmica e adiabática que passam por esses pontos? *c)* Faça um desenho exato do ciclo de Carnot.

26. Duas fontes térmicas com temperaturas de 400K e 300K são postas em comunicação por meio de uma barra de cobre. Energia térmica é conduzida irreversivelmente da fonte quente para a fria. Estabelece-se um regime permanente caracterizado por uma distribuição de temperaturas ao longo da barra. Em um dado intervalo de tempo, 1000cal passam da fonte quente para a fria. Qual a variação de entropia do universo durante este intervalo?

27. Mergulha-se 0.2kg de chumbo à $T_1 = 400\text{K}$ em 0.25kg de água à $T_2 = 300\text{K}$, contida num calorímetro. Calcule a variação de entropia do sistema até atingir o equilíbrio térmico.

28. Considere a representação, no plano TS , de um ciclo de Carnot para um mol de gás perfeito. Calcule: *a)* a eficiência do ciclo; *b)* a energia térmica recebida da fonte quente; *c)* a energia térmica cedida à fonte fria; *d)* a energia térmica transformada em energia mecânica e a razão V_1/V_2 .



29. Uma massa de 0.2kg de nitrogênio ($\gamma = 1.4$ e massa molecular igual a 28g/mol) inicialmente à temperatura de 15°C e pressão de 1atm sofre as seguintes transformações:

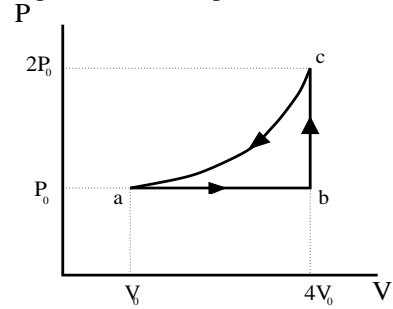
$1 \rightarrow 2$: compressão isotérmica reversível até que $V_2 = V_1/2$;

$2 \rightarrow 3$: compressão adiabática reversível até que $V_3 = V_1/4$.

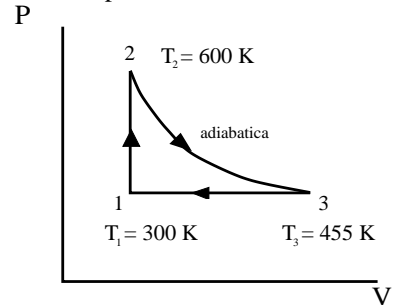
(a) represente as duas transformações no plano PV e no plano TS . *(b)* Calcule os valores da pressão e da temperatura no final das transformações isotérmica e adiabática. *(c)* Qual a variação da energia interna do gás ao final de cada uma dessas transformações? *(d)* Qual a variação da entropia do gás e da entropia do universo em cada uma dessas transformações?

30. Um mol de um gás monoatômico ideal descreve o ciclo mostrado na figura abaixo. *(a)* Quanto trabalho é feito para expandir o

gás de a até c ao longo de abc ? *(b)* Qual a variação da energia interna e da entropia em cada trecho? *(c)* Qual a variação da energia interna e da entropia no ciclo completo?



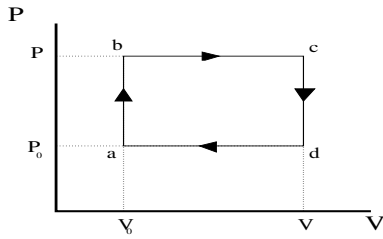
31. Uma certa máquina térmica realiza a transformação cíclica representada na figura abaixo, sobre um mol de gás monoatômico ideal. O processo 1-2 é isocórico, 2-3 é adiabático e 3-1 é isobárico. *(a)* Calcule o calor, a variação da energia interna e o trabalho realizado em cada uma destas três etapas e também no ciclo completo; *(b)* se a pressão inicial no ponto 1 é de 1atm , encontre a pressão e o volume nos pontos 2 e 3.



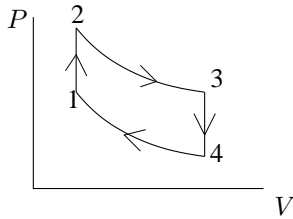
32. Num ciclo de Carnot, a expansão isotérmica do gás ocorreu a 400K e a compressão isotérmica a 300K . Durante a expansão, 500cal de energia térmica foram transferidas para o gás. Determine: *(a)* o trabalho realizado pelo gás durante a expansão isotérmica; *(b)* o calor rejeitado pelo gás durante a compressão isotérmica; *(c)* o trabalho realizado sobre o gás durante a compressão isotérmica e *(d)* a variação da entropia do gás e do universo para cada uma das quatro etapas do ciclo e para o ciclo completo.

33. Uma máquina de Carnot opera entre as temperaturas T_1 e T_2 . Ela faz funcionar um refrigerador de Carnot que opera entre duas outras temperaturas, T_3 e T_4 . Ache a razão Q_3/Q_1 em função das quatro temperaturas dadas.

34. Um mol de gás ideal monoatômico é usado como substância de trabalho de uma máquina que opera no ciclo mostrado na figura. Calcule: *(a)* o trabalho realizado por ciclo; *(b)* o calor absorvido por ciclo durante a fase de expansão abc ; *(c)* a eficiência da máquina; *(d)* qual a eficiência de uma máquina de Carnot operando entre as temperaturas mais alta e mais baixa presentes no ciclo da figura? Como isto se compara com o item *(c)*? Admita que $P = 2P_0$ e $V = 2V_0$.



35. Um motor a combustão interna de gasolina descreve um ciclo que pode ser aproximado pelo ciclo Otto. Suponha gás ideal como substância de trabalho, uma razão de compressão $V_4/V_1 = 4$ e que $P_2 = 3P_1$. (a) Calcule a temperatura em cada um dos vértices do diagrama PV indicado, em termos de P_1 , T_1 e γ ; (b) ache a eficiência deste ciclo. Note que as etapas $2\bar{3}$ e $4\bar{1}$ são adiabáticas.



36. As máquinas abaixo operam entre dois reservatórios térmicos a 400K e 300K . Os dados de cada uma, por ciclo de operação, são:
A: $Q_q = 200\text{J}$, $Q_f = -175\text{J}$ e $W = 40\text{J}$;

B: $Q_q = 500\text{J}$, $Q_f = -200\text{J}$ e $W = 400\text{J}$;

C: $Q_q = 600\text{J}$, $Q_f = -200\text{J}$ e $W = 400\text{J}$;

D: $Q_q = 100\text{J}$, $Q_f = -75\text{J}$ e $W = 25\text{J}$;

Para cada máquina, verifique se a Primeira e/ou a Segunda Lei da Termodinâmica são violadas ou não. Para as que não violam nenhuma das leis, diga se são reversíveis ou não.

37. Um cubo de gelo de 10g , a -10°C , é colocado em um lago cuja temperatura é de $+15^\circ\text{C}$. Calcule a variação de entropia do sistema quando o gelo entra em equilíbrio térmico com o lago. Dica: o cubo de gelo afetar a temperatura do lago?

38. Um mol de gás monoatômico ideal passa do estado inicial, cuja pressão é P e volume é V , para um estado final de pressão $2P$ e volume $2V$, através de dois processos quase-estáticos diferentes: (I) ele se expande isotermicamente até que seu volume dobre e, em seguida, sua pressão é aumentada a volume constante, até atingir o estado final mencionado; (II) ele é primeiro comprimido isotermicamente até que sua pressão dobre e, em seguida, seu volume é aumentado até o valor final. (a) Desenhe o caminho de cada processo num diagrama PV; para cada um deles, e em função de P e V , calcule: (b) o trabalho realizado sobre o gás; (c) a variação da energia interna; (d) o calor absorvido pelo gás e (e) a variação da entropia.

39. Mostre que em um ciclo de Carnot, o produto do maior e do menor volume é igual ao produto dos volumes intermediários: $V_1V_3 = V_2V_4$.

RESPOSTAS: 1. 64.4m^3 2. - 3. 6799J 4. $K \ln[(V_f - b)/(V_i - b)] + a(1/V_f - 1/V_i)$ 5. 2213J 6. a) 10.05Kg b) 8.35m^3 7. a) 0 b) 3741.3J c) ∞ 8. 850.8K ; 64.37atm 9. a) 74410J ; 44646J ; 29764J b) 44646J 10. 0.5atm ; 0.0572g 11. 347.3K 12. 1100cal 13. 5657J 14. 22.8m 15. 4637.7K 16. a) 15.88J b) $3.14R$ c) $4.14R$ 17. a) 2.46atm ; 285.6K b) 0.478l 18. a) $P_0/3$ b) $f = 6$ c) $3^{1/3}K_0$ 19. - 20. 500J ; 400J 21. a) $5/3$ b) $3/8$ 22. 300K 23. 4.83J/K 24. $1.68 \times 10^9\text{J}$ 25. a) 8.23l ; 24.7l ; b) 32.9atm.l ; 76.5atm.l^γ ; 24.7atm.l ; 89.08atm.l^γ 26. 3.49J/K 27. 1.08J/K 28. a) 0.25 b) 2400J c) 1800J d) 600J ; 0.486 29. b) 2atm ; 5.28atm ; 288K ; 380K ; c) 0; 13.6kJ ; d) -41.15J/K 30. a) $3V_0P_0$ b) $6P_0V_0$; $3/2R \ln 2$ 31. a) $W: 0$; $435R/2$; $-155R$; $U: 450R$; $-435R/2$; $-465R/2$; $Q: 450R$; 0; $-775R/2$; b) 0.025m^3 ; 0.037m^3 32. a) 500cal b) 375cal c) -375cal 33. $Q_3/Q_1 = (1 - T_2/T_1)/(1 - T_4/T_3)$ 34. a) P_0V_0 b) $13/2 P_0V_0$ c) $2/13$ d) $3/4$ 35. a) $T_2 = 3T_1$; $T_3 = 3T_14^{1-\gamma}$; $T_4 = T_14^{1-\gamma}$ b) $1 - 4^{1-\gamma}$ 36. - 37. 0.75J/K 38. b) $PV \ln 2$; $PV(3 - \ln 2)$ c) $9/2PV$ d) $PV(\ln 2 + 9/2)$; $PV(15/2 - \ln 2)$ e) $4R \ln 2$ 39. -

CONSTANTES:

$$R = 8.314\text{J/mol.K}$$

$$c_{\text{pb}} = 0.031\text{cal/g.K}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1\text{kg/l} = 10^3\text{kg/m}^3$$

$$1\text{atm} = 1.013 \times 10^5\text{Pa}$$

$$c_{\text{gelo}} = 0.5\text{cal/g.}^\circ\text{C}$$